

PUB-NO: JP411030745A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11030745 A

TITLE: READING LENS

PUBN-DATE: February 2, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

IIZUKA, TAKAYUKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

ASAHI OPTICAL CO LTD

APPL-NO: JP09202245

APPL-DATE: July 11, 1997

INT-CL (IPC): G02B 13/24; G02B 13/18

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a reading lens which is constituted of four lenses and by which the sufficient depth of focus is secured by a specified resolution without providing an aspherical surface to plural lenses.

SOLUTION: A negative meniscus first lens facing a convex surface to an object side, a second lens that is a biconvex lens being positive, a third lens that is a biconcave lens being negative and a positive meniscus fourth lens facing the

convex surface to an image side are arrayed in order from the object side, and either surface of a first lens is made as the aspherical surface, and the shape of the aspherical surface is set so as to make the negative power of the first lens larger as it is separated from an optical axis.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-30745

(43)公開日 平成11年(1999) 2月2日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 13/24  
13/18

識別記号

F I

G 0 2 B 13/24  
13/18

審査請求 未請求 請求項の数7 F D (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平9-202245

(22)出願日 平成9年(1997) 7月11日

(71)出願人 000000527

旭光学工業株式会社  
東京都板橋区前野町2丁目36番9号

(72)発明者 飯塚 隆之

東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光  
学工業株式会社内

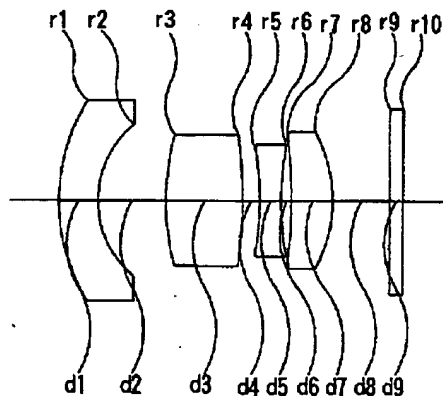
(74)代理人 弁理士 松岡 修平

(54)【発明の名称】 読み取りレンズ

(57)【要約】

【課題】 従来の4枚構成の読み取りレンズは、サジタルの像面湾曲が比較的大きく、所定の解像度を得るためには焦点深度が不足する。また、5枚構成の読み取りレンズは、構成枚数が多いこと、そして複数のレンズに非球面が設けられていることにより、組立、加工に手間がかかる。

【解決手段】 物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスの第1レンズと、両凸の正レンズである第2レンズと、両凹の負レンズである第3レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスの第4レンズとが順に配列して構成され、第1レンズのいずれか一方の面が非球面であり、この非球面の形状は、第1レンズの負のパワーが光軸から離れるにしたがって強くなるよう設定されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスの第1レンズと、両凸の正レンズである第2レンズと、両凹の負レンズである第3レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスの第4レンズとが順に配列して構成され、前記第1レンズのいずれか一方の面が非球面であり、該非球面の形状は、前記第1レンズの負のパワーが光軸から離れるにしたがって強くなるよう設定されていることを特徴とする読み取りレンズ。

【請求項2】 全系の焦点距離を  $f$ 、前記第1レンズの物体側のレンズ面の高さ  $0.18f$  における非球面量を  $Asp1$ 、前記第1レンズの像側のレンズ面の高さ  $0.15f$  における非球面量を  $Asp2$  としたときに、以下の条件(1)を満たすことを特徴とする請求項1に記載の読み取りレンズ。

$$0.000 < (Asp2 - Asp1) / f < 0.001 \quad \dots(1)$$

【請求項3】 前記第1レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を  $r1$  として、以下の条件(2)を満たすことを特徴とする請求項2に記載の読み取りレンズ。

$$0.30 < r1 / f < 0.80 \quad \dots(2)$$

【請求項4】 前記第4レンズの像側のレンズ面の曲率半径を  $r8$  として、以下の条件(3)を満たすことを特徴とする請求項3に記載の読み取りレンズ。

$$-0.36 < r8 / f < -0.30 \quad \dots(3)$$

【請求項5】 前記第1レンズは、前記物体側のレンズ面、前記像側のレンズ面が共に非球面であることを特徴とする請求項2に記載の読み取りレンズ。

【請求項6】 前記第1レンズは、前記物体側のレンズ面が非球面、前記像側のレンズ面が球面であることを特徴とする請求項3に記載の読み取りレンズ。

【請求項7】 前記第1レンズは、前記物体側のレンズ面が球面、前記像側のレンズ面が非球面であることを特徴とする請求項3に記載の読み取りレンズ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、カラーイメージスキャナーに適した簡単な構成で焦点深度が深い読み取りレンズに関する。

## 【0002】

【従来の技術】スキャナーやファクシミリの光学系は、原稿の像をCCD等のライン型のイメージセンサ上に形成し、原稿像をセンサに対して相対的に走査させることにより原稿の情報を読み取る。特開昭63-65416号公報、特開平4-181909号公報には、この種の光学系に使用される読み取りレンズが開示されている。

【0003】特開昭63-65416号公報に開示される読み取りレンズは、4枚の球面レンズで構成されている。一方、特開平4-181909号公報に開示される読み取りレンズは、2枚の非球面レンズを含む5枚のレンズで構成されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開昭63-65416号公報に開示される読み取りレンズは、サジタルの像面湾曲が比較的大きく、所定の解像度を得るためには焦点深度が不足する。また、特開平4-181909号公報に開示される読み取りレンズは、構成枚数が多いこと、そして複数のレンズに非球面が設けられていることにより、組立、加工に手間がかかるという問題がある。

【0005】この発明は、上述した従来技術の課題に鑑みてなされたものであり、4枚構成で複数のレンズに非球面を設けることなく、所定の解像度で十分な焦点深度を確保することができる読み取りレンズを提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】この発明にかかる読み取りレンズは、上記の目的を達成させるため、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスの第1レンズと、両凸の正レンズである第2レンズと、両凹の負レンズである第3レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスの第4レンズとが順に配列して構成され、第1レンズのいずれか一方の面が非球面であり、この非球面の形状は、第1レンズの負のパワーが光軸から離れるにしたがって強くなるよう設定されていることを特徴とする。

【0007】また、以下の条件(1)を満たすことが望ましく、さらに条件(2)、条件(3)を満たすことが望ましい。

$$0.000 < (Asp2 - Asp1) / f < 0.001 \quad \dots(1)$$

$$0.30 < r1 / f < 0.80 \quad \dots(2)$$

$$-0.36 < r8 / f < -0.30 \quad \dots(3)$$

ただし、 $f$ は全系の焦点距離、 $Asp1$ は第1レンズの物体側のレンズ面の高さ  $0.18f$  における非球面量、 $Asp2$ は第1レンズの像側のレンズ面の高さ  $0.15f$  における非球面量、 $r1$ は第1レンズの物体側のレンズ面の曲率半径、 $r8$ は第4レンズの像側のレンズ面の曲率半径である。

## 【0008】

【発明の実施の形態】以下、この発明にかかる読み取りレンズの実施形態を説明する。実施形態の読み取りレンズは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスの第1レンズと、両凸の正レンズである第2レンズと、両凹の負レンズである第3レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスの第4レンズとが順に配列して構成される。トリプレットレンズの物体側に負メニスカスレンズを付加した構成である。第1レンズは、いずれか一方の面が非球面であり、この非球面の形状は、第1レンズの負のパワーが光軸から離れるにしたがって強くなるよう設定されている。

【0009】第2レンズ、第3レンズのパワーを弱めに設定し、サジタルの像面湾曲の中間像高でのふくらみを

抑えつつ、第1レンズに光軸から離れるにしたがって負のパワーが強くなるような非球面を導入してメリディオナルの像面湾曲を抑えることにより、周辺部にいたるまで像面を平坦化することができる。

【0010】すなわち、実施形態の読み取りレンズのパワー配分は、サジタルの像面湾曲を低減するよう決定されており、この設計によっては補正しきれないメリディオナルの像面湾曲を低減するように非球面が設計されている。パワー配分を変えるとサジタル、メリディオナルの像面湾曲が共に変化するため、サジタルの像面湾曲を良好にするようパワー配分を決定すると、メリディオナルの像面湾曲が大きくなる。そこで、第1レンズに非球面を導入することにより、メリディオナルの像面湾曲を補正する。非球面量の変化は、主としてメリディオナルの像面湾曲にのみ影響し、サジタルの像面湾曲は非球面量を変化させても殆ど変化しない。

【0011】第1レンズに非球面を導入するメリットは、物体側の光束の広がりが大きく、周辺光線がレンズ\*

$$\text{Asp} = \text{ch}^2 / (1 + \sqrt{1 - (1 + K)c^2 h^2}) - \text{ch}^2 / (1 + \sqrt{1 - c^2 h^2}) + A4h^4 + A6h^6 \dots (4)$$

ここで、Kは円錐係数、A4、A6はそれぞれ4次、6次の非球面係数、cは曲率、hは光軸からの高さであり、Asp1の場合、 $c=1/r1$ 、 $h=0.18f$ 、Asp2の場合、 $c=1/r2$ 、 $h=0.15f$ である。

【0014】上記の条件(1)は、周辺部の像面湾曲に関する条件であり、この条件を満たすことにより、特に周辺部の像面湾曲を良好に補正することができ、焦点深度を深くすることができる。条件(1)の下限を下回る場合には周辺部の像面湾曲がアンダーとなり、上限を越える場合には周辺部の像面湾曲がオーバーとなり、共に焦点深度を小さくする要因となる。

【0015】条件(2)、(3)は、共にサジタル像面の湾曲に関する条件であり、これらの条件を満たすことにより、サジタル像面の湾曲を小さく抑えることができる。これらの条件を満たさない場合には、サジタルの像面湾曲が中間部でアンダーとなる。また、条件(2)の下限を下回る場合には、第1レンズの物体側の凸面の正のパワーが大きくなるため、第1レンズの負のパワーを維持するために像側の凹面の曲率半径が小さくなり、加工が困難になる。

【0016】なお、結像性能、特に像面湾曲の低減のためには、第1レンズは両面非球面であることが望ましい。ただし、作製されたレンズを干渉計を用いて検査する際には、一方の面を球面としておいた方が測定が容易である。

$$X = \text{ch}^2 / (1 + \sqrt{1 - (1 + K)c^2 h^2}) + A4h^4 + A6h^6 \dots (5)$$

【0020】図2(A)～(E)は実施例1の読み取りレンズの諸収差を示し、(A)はd線により表される球面収差S Aおよび正弦条件SC、(B)はd線、g線(436nm)、C線(656nm)における球面収差によって示される色収差、(C)はd線を基準にしたg線、C線における倍率色収差、

\*の光軸から比較的離れた位置を通過するため、第1レンズを通過する光線の光軸からの高さ毎に補正量をコントロールできる点にある。

【0012】また、実施形態の読み取りレンズは、以下の条件(1)、(2)、(3)を満たす。

$$0.000 < (\text{Asp2} - \text{Asp1}) / f < 0.001 \dots (1)$$

$$0.30 < r1 / f < 0.80 \dots (2)$$

$$-0.36 < r8 / f < -0.30 \dots (3)$$

ただし、fは全系の焦点距離、Asp1は第1レンズの物体側のレンズ面の高さ0.18fにおける非球面量、Asp2は第1レンズの像側のレンズ面の高さ0.15fにおける非球面量、r1は第1レンズの物体側のレンズ面の曲率半径、r8は第4レンズの像側のレンズ面の曲率半径である。

【0013】非球面量Asp1、Asp2は、近軸曲率半径により規定される球面と非球面との光軸方向のズレ量であり、具体的には、以下の式(4)で求められる。

20※【0017】以下、この発明にかかる読み取りレンズの実施例を11例説明する。

【0018】

【実施例1】図1は、実施例1のレンズ構成を示すレンズ図であり、具体的な数値構成は表1に示されている。図中、および表中、FNO.はFナンバー、yは最大像高、fは焦点距離(単位:mm)、Mは倍率、rはレンズ各面の曲率半径(単位:mm)、dはレンズ厚またはレンズ間隔(単位:mm)、ndは各レンズのd線(588nm)での屈折率、νは各レンズのアッベ数である。第1、第2面が第1レンズ、第3、第4面が第2レンズ、第5、第6面が第3レンズ、第7、第8面が第4レンズ、第9、第10面がCCDのカバーガラスである。

【0019】また、実施例1では、第1レンズの物体側の第1面、像側の第2面が回転対称な非球面で構成されている。非球面は、光軸からの高さがhとなる非球面上の座標点の非球面の光軸上での接平面からの距離(サグ量)をX、非球面の光軸上での曲率(1/r)をc、円錐係数をK、4次、6次の非球面係数をA4、A6として、以下の式(5)で表される。表1における非球面の曲率半径は光軸上の曲率半径であり、これらの面の円錐係数、非球面係数は表2に示される。なお、表における表記Eは、10を基数、Eの右の数字を指数とする累乗を示しており、例えば表2の第1面の非球面係数A4の値「0.37440E-04」は「0.000037440」を意味する。

★(D)は非点収差(S:サジタル、M:メリディオナル)、(E)は歪曲収差を示している。歪曲収差量を示す横軸の単位はパーセント(%)、他の収差量を示す横軸の単位はmmである。

★50 【0021】

5

## 【表1】

Fno. 1:4.5 f=20.49 M=-0.095 y=10.5

面番号	r	d	n	$\nu$
1	10.132	2.000	1.48749	70.2
2	5.139	3.500		
3	13.287	4.000	1.83481	42.7
4	-22.939	0.873		
5	-13.744	1.128	1.78472	25.7
6	17.876	0.534		
7	-23.178	2.156	1.77250	49.6
8	-7.135	23.063		
9	$\infty$	0.700	1.51633	64.1
10	$\infty$			

## 【0022】

## 【表2】

	第1面	第2面
K	0.00000	0.00000
M	0.37440E-04	0.11904E-03
A6	0.00000	0.00000

## 【0023】

【実施例2】図3は、実施例2のレンズ構成を示すレンズ図であり、具体的な数値構成は表3に示されている。実施例2では、第1レンズの両面、すなわち第1面、第2面が回転対称な非球面で構成されており、これらの面の円錐係数、非球面係数は表4に示される。図4(A)～(E)は実施例2の読み取りレンズの諸収差を示す。

## 【0024】

## 【表3】

Fno. 1:4.5 f=19.63 M=-0.095 y=10.5

面番号	r	d	n	$\nu$
1	9.935	2.000	1.48749	70.2
2	4.893	3.011		
3	12.473	3.751	1.83481	42.7
4	-21.399	0.872		
5	-13.116	1.105	1.80518	25.4
6	17.718	0.513		
7	-21.678	2.164	1.77250	49.6
8	-6.753	21.985		
9	$\infty$	0.700	1.51633	64.1
10	$\infty$			

## 【0025】

## 【表4】

	第1面	第2面
K	0.00000	0.00000
M	0.20452E-04	0.10022E-03
A6	0.00000	0.00000

## 【0026】

【実施例3】図5は、実施例3のレンズ構成を示すレンズ図であり、具体的な数値構成は表5に示されている。実施例3では、第1レンズの両面、すなわち第1面、第

6

2面が回転対称な非球面で構成されており、これらの面の円錐係数、非球面係数は表6に示される。図6(A)～(E)は実施例3の読み取りレンズの諸収差を示す。

## 【0027】

## 【表5】

Fno. 1:4.5 f=19.54 M=-0.094 y=10.5

面番号	r	d	n	$\nu$
1	10.114	2.000	1.48749	70.2
2	4.731	2.518		
3	12.437	3.932	1.83481	42.7
4	-22.283	0.954		
5	-17.308	0.884	1.84666	23.9
6	17.882	0.522		
7	-18.332	2.565	1.77250	49.6
8	-6.713	22.143		
9	$\infty$	0.700	1.51633	64.1
10	$\infty$			

## 【0028】

## 【表6】

	第1面	第2面
K	0.00000	0.00000
M	0.43171E-04	0.13825E-03
A6	0.00000	0.00000

## 【0029】

【実施例4】図7は、実施例4のレンズ構成を示すレンズ図であり、具体的な数値構成は表7に示されている。実施例4では、第1レンズの両面、すなわち第1面、第2面が回転対称な非球面で構成されており、これらの面の円錐係数、非球面係数は表8に示される。図8(A)～(E)は実施例4の読み取りレンズの諸収差を示す。

## 【0030】

## 【表7】

Fno. 1:4.5 f=26.06 M=-0.130 y=10.5

面番号	r	d	n	$\nu$
1	9.772	2.000	1.48749	70.2
2	5.980	3.500		
3	16.650	4.000	1.83481	42.7
4	-32.119	1.346		
5	-23.843	0.800	1.84666	23.9
6	21.983	0.681		
7	-20.818	3.970	1.77250	49.6
8	-8.918	29.390		
9	$\infty$	0.700	1.51633	64.1
10	$\infty$			

## 【0031】

## 【表8】

	第1面	第2面
K	0.00000	0.00000
A4	0.58099E-05	0.31711E-04
A6	0.00000	0.00000

## 【0032】

【実施例5】図9は、実施例5のレンズ構成を示すレンズ図であり、具体的な数値構成は表9に示されている。実施例5では、第1レンズの物体側のレンズ面、すなわち第1面が回転対称な非球面で構成されており、その円錐係数、非球面係数は表10に示される。図10(A)～(E)は実施例5の読み取りレンズの諸収差を示す。

## 【0033】

## 【表9】

Fno. 1:4.5 f=27.60 M=-0.130 y=14.03				
面番号	r	d	n	$\nu$
1	12.025	2.000	1.51497	63.4
2	6.545	4.000		
3	17.808	4.000	1.83481	42.7
4	-29.553	1.656		
5	-31.465	1.186	1.84666	23.8
6	21.328	0.872		
7	-20.553	3.376	1.77250	49.6
8	-9.297	31.942		
9	$\infty$	0.700	1.51633	64.1
10	$\infty$			

## 【0034】

## 【表10】

	第1面
K	0.00000
A4	-0.20970E-04
A6	0.00000

## 【0035】

【実施例6】図11は、実施例6のレンズ構成を示すレンズ図であり、具体的な数値構成は表11に示されている。実施例6では、第1レンズの像側のレンズ面、すなわち第2面が回転対称な非球面で構成されており、その円錐係数、非球面係数は表12に示される。図12(A)～(E)は実施例6の読み取りレンズの諸収差を示す。

## 【0036】

## 【表11】

Fno. 1:4.5 f=27.63 M=-0.130 y=14.03				
面番号	r	d	n	$\nu$
1	10.921	2.000	1.51497	63.4
2	6.353	4.000		
3	17.945	4.000	1.83481	42.7
4	-31.750	1.577		
5	-30.838	1.000	1.84666	23.8
6	21.851	0.826		
7	-19.856	3.501	1.77250	49.6
8	-9.167	31.806		

8

9	$\infty$	0.700	1.51633	64.1
10	$\infty$			

## 【0037】

## 【表12】

	第2面
K	0.00000
A4	0.25637E-04
A6	0.19185E-06

## 【0038】

【実施例7】図13は、実施例7のレンズ構成を示すレンズ図であり、具体的な数値構成は表13に示されている。実施例7では、第1レンズの両面、すなわち第1面、第2面が回転対称な非球面で構成されており、これらの面の円錐係数、非球面係数は表14に示される。図14(A)～(E)は実施例7の読み取りレンズの諸収差を示す。

## 【0039】

## 【表13】

Fno. 1:4.5 f=27.58 M=-0.130 y=14.03				
面番号	r	d	n	$\nu$
1	9.440	2.000	1.48749	70.2
2	6.028	4.000		
3	18.230	4.000	1.83481	42.7
4	-33.369	1.417		
5	-26.188	0.800	1.84666	23.9
6	22.893	0.737		
7	-20.094	3.966	1.77250	49.6
8	-9.164	31.285		
9	$\infty$	0.700	1.51633	64.1
10	$\infty$			

## 【0040】

## 【表14】

	第1面	第2面
K	0.00000	0.00000
A4	0.29201E-04	0.63195E-04
A6	0.00000	0.00000

## 【0041】

【実施例8】図15は、実施例8のレンズ構成を示すレンズ図であり、具体的な数値構成は表15に示されている。実施例8では、第1レンズの像側のレンズ面、すなわち第2面が回転対称な非球面で構成されており、その円錐係数、非球面係数は表16に示される。図16(A)～(E)は実施例8の読み取りレンズの諸収差を示す。

## 【0042】

## 【表15】

Fno. 1:4.5 f=27.55 M=-0.130 y=14.03				
面番号	r	d	n	$\nu$
1	10.410	2.000	1.48749	70.2
2	6.271	4.000		
3	18.774	4.000	1.83481	42.7

		9		
4	-32.625	1.621		
5	-25.236	0.851	1.84666	23.9
6	24.273	0.744		
7	-21.475	3.733	1.77250	49.6
8	-9.210	31.634		
9	$\infty$	0.700	1.51633	64.1
10	$\infty$			

【0043】

【表16】

	第2面
K	0.00000
A4	0.23394E-04
A6	0.00000

【0044】

【実施例9】図17は、実施例9のレンズ構成を示すレンズ図であり、具体的な数値構成は表17に示されている。実施例9では、第1レンズの物体側のレンズ面、すなわち第1面が回転対称な非球面で構成されており、その円錐係数、非球面係数は表18に示される。図18(A)~(E)は実施例9の読み取りレンズの諸収差を示す。

【0045】

【表17】

Fno.	1:4.5	f=27.54	M=-0.130	y=14.03
面番号	r	d	n	$\nu$
1	10.426	2.000	1.48749	70.2
2	6.211	4.000		
3	18.035	4.000	1.83481	42.7
4	-30.694	1.509		
5	-26.597	0.800	1.84666	23.9
6	22.400	0.767		
7	-20.300	3.693	1.77250	49.6
8	-9.177	31.565		
9	$\infty$	0.700	1.51633	64.1
10	$\infty$			

【0046】

【表18】

	第1面
K	0.00000
A4	-0.13752E-04
A6	0.00000

【0047】

【実施例10】図19は、実施例10のレンズ構成を示すレンズ図であり、具体的な数値構成は表19に示されている。実施例10では、第1レンズの両面、すなわち第1面、第2面が回転対称な非球面で構成されており、これらの面の円錐係数、非球面係数は表20に示される。図20(A)~(E)は実施例10の読み取りレンズの諸収差を示す。

【0048】

【表19】

Fno.	1:4.5	f=27.63	M=-0.130	y=14.03
面番号	r	d	n	$\nu$
1	9.229	2.000	1.49176	57.4
2	6.083	4.000		
3	17.661	4.000	1.83481	42.7
4	-32.213	1.374		
5	-25.548	0.800	1.84666	23.9
6	22.514	0.734		
7	-18.941	3.712	1.80400	46.6
8	-9.318	30.439		
9	$\infty$	0.700	1.51633	64.1
10	$\infty$			

【0049】

【表20】

	第1面	第2面
K	0.00000	0.00000
A4	-0.16371E-04	-0.10365E-04
A6	0.00000	0.00000

【0050】

【実施例11】図21は、実施例11のレンズ構成を示すレンズ図であり、具体的な数値構成は表21に示されている。実施例11では、第1レンズの両面、すなわち第1面、第2面が回転対称な非球面で構成されており、これらの面の円錐係数、非球面係数は表22に示される。図22(A)~(E)は実施例11の読み取りレンズの諸収差を示す。

【0051】

【表21】

Fno.	1:4.5	f=27.62	M=-0.130	y=14.03
面番号	r	d	n	$\nu$
1	9.205	2.000	1.66910	55.4
2	6.284	4.000		
3	17.337	4.000	1.83481	42.7
4	-32.371	1.446		
5	-23.407	0.800	1.84666	23.9
6	23.327	0.693		
7	-21.423	3.775	1.80400	46.6
8	-9.409	30.543		
9	$\infty$	0.700	1.51633	64.1
10	$\infty$			

【0052】

【表22】

	第1面	第2面
K	0.00000	0.00000
A4	-0.20268E-04	-0.20410E-04
A6	0.00000	0.00000

【0053】表23は、前述の条件(1)、(2)、(3)に対して各実施例がどのような値をとるかを示す。いずれの実施例も、全ての条件を満たしている。

50 【0054】



【表23】

	条件(1)	条件(2)	条件(3)
実施例1	1.80E-04	0.494	-0.348
実施例2	2.21E-04	0.506	-0.344
実施例3	1.84E-04	0.517	-0.343
実施例4	1.76E-04	0.375	-0.342
実施例5	4.63E-04	0.436	-0.337
実施例6	3.09E-04	0.395	-0.332
実施例7	2.81E-05	0.342	-0.332
実施例8	2.48E-04	0.378	-0.334
実施例9	3.02E-04	0.379	-0.333
実施例10	2.52E-04	0.334	-0.337
実施例11	2.31E-04	0.333	-0.341

【0055】図23および図24は、第1レンズに非球面を導入した場合の効果の説明するための像面の湾曲を示すグラフであり、図23が球面レンズ4枚で構成される場合、図24は第1レンズに非球面を導入したこの発明の構成における性能を示す。各グラフの縦軸は近軸像面を0とした光軸方向の像面の位置、横軸は像高を示す。

【0056】ここでは、読み取りレンズによりCCDセンサが配置される位置に投影されたチャートの像1mmの間に45ラインペアの白黒が形成されるようなチャートを用いてMTFを測定し、山形のMTF曲線の頂点である合焦位置の両側でMTFが40%となる2点におけるサジタルの像面(実線)、メリディオナルの像面(破線)をB(青:g線)、G(緑:d線)、R(赤:C線)の3波長についてそれぞれ示している。45ラインペア/mmの空間周波数は、CCDセンサの画素ピッチである1.1μmにほぼ一致する。

【0057】カラーでの使用を前提として像高14.0mmまでの全範囲でMTF40%以上が確保できる焦点深度は、グラフ中の上側の6本の曲線群(MTFが40%となる一方の点における像面)の下端と、下側の6本の曲線群(MTFが40%となる他方の点における像面)の上端との間の範囲となる。すなわち、上側の曲線群と下側の曲線群とが重ならない範囲が深度となる。

【0058】図23に示す球面レンズの例では、上側の曲線群で表される一方の点におけるG成分のサジタルの像面のグラフ中の下端(最大像高)と、下側の曲線群で表される他方の点におけるB成分のサジタルの像面のグラフ中の上端(像高9mm程度)との間隔が深度W1となり、その値は約0.01mm程度である。

【0059】これに対して、図24に示す非球面レンズを含む例では、サジタルの像面の湾曲が球面レンズ系の場合と比較して小さく抑えられており、深度W2の値は約0.06mm程度である。すなわち、第1レンズに非球面を導入することにより、深度を約6倍に拡大することができる。

【0060】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の読み取りレンズは、4枚構成で第1レンズ群に非球面を導入することにより、所定の解像度を確保しつつ、十分な焦点深度を確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1の読み取りレンズのレンズ図である。

【図2】 実施例1の読み取りレンズの諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は色収差、(C)は倍率色収差、(D)は非点収差、(E)は歪曲収差を示す。

【図3】 実施例2の読み取りレンズのレンズ図である。

【図4】 実施例2の読み取りレンズの諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は色収差、(C)は倍率色収差、(D)は非点収差、(E)は歪曲収差を示す。

【図5】 実施例3の読み取りレンズのレンズ図である。

【図6】 実施例3の読み取りレンズの諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は色収差、(C)は倍率色収差、(D)は非点収差、(E)は歪曲収差を示す。

【図7】 実施例4の読み取りレンズのレンズ図である。

【図8】 実施例4の読み取りレンズの諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は色収差、(C)は倍率色収差、(D)は非点収差、(E)は歪曲収差を示す。

【図9】 実施例5の読み取りレンズのレンズ図である。

【図10】 実施例5の読み取りレンズの諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は色収差、(C)は倍率色収差、(D)は非点収差、(E)は歪曲収差を示す。

【図11】 実施例6の読み取りレンズのレンズ図である。

【図12】 実施例6の読み取りレンズの諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は色収差、(C)は倍率色収差、(D)は非点収差、(E)は歪曲収差を示す。

【図13】 実施例7の読み取りレンズのレンズ図である。

【図14】 実施例7の読み取りレンズの諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は色収差、(C)は倍率色収差、(D)は非点収差、(E)は歪曲収差を示す。

【図15】 実施例8の読み取りレンズのレンズ図である。

【図16】 実施例8の読み取りレンズの諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は色収差、(C)は倍率色収差、(D)は非点収差、(E)は歪曲収差を示す。

【図17】 実施例9の読み取りレンズのレンズ図である。

【図18】 実施例9の読み取りレンズの諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は色収差、(C)は倍率色収差、(D)は非点収差、(E)は歪曲収差を示す。

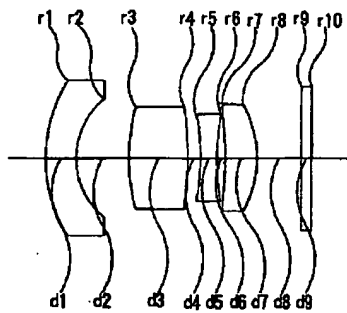
13

【図19】 実施例10の読み取りレンズのレンズ図である。

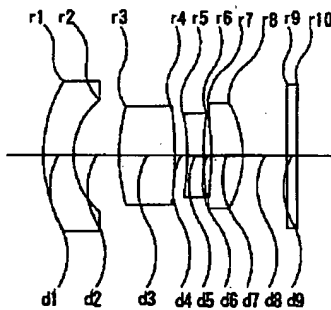
【図20】 実施例10の読み取りレンズの諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は色収差、(C)は倍率色収差、(D)は非点収差、(E)は歪曲収差を示す。

【図21】 実施例11の読み取りレンズのレンズ図である。

【図1】



【図3】



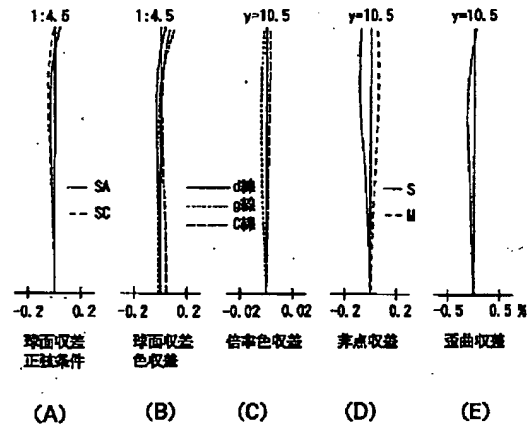
14

【図22】 実施例11の読み取りレンズの諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は色収差、(C)は倍率色収差、(D)は非点収差、(E)は歪曲収差を示す。

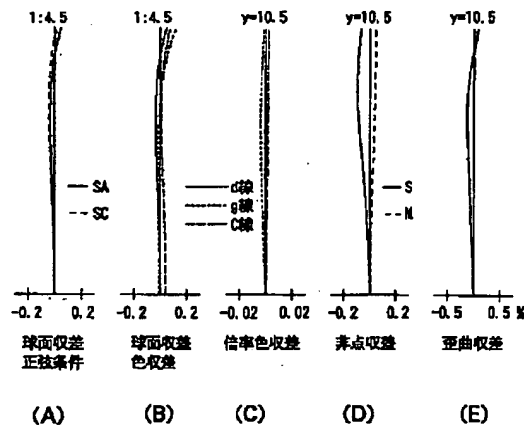
【図23】 球面レンズ4枚で構成される場合の像面の湾曲を示すグラフである。

【図24】 非球面の第1レンズと3枚の球面レンズとで構成される場合の像面の湾曲を示すグラフである。

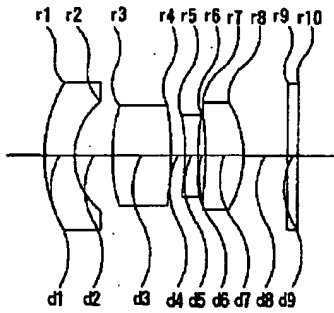
【図2】



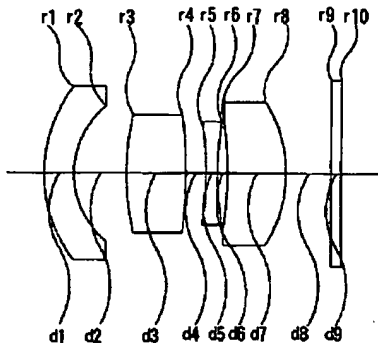
【図4】



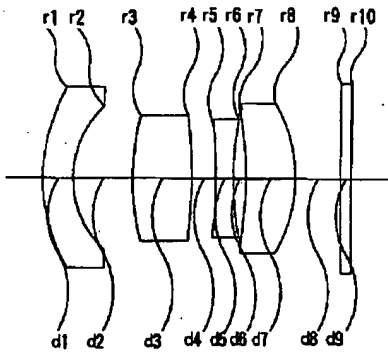
【図5】



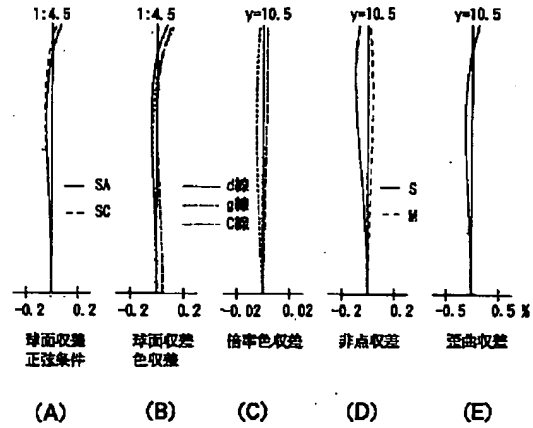
【図7】



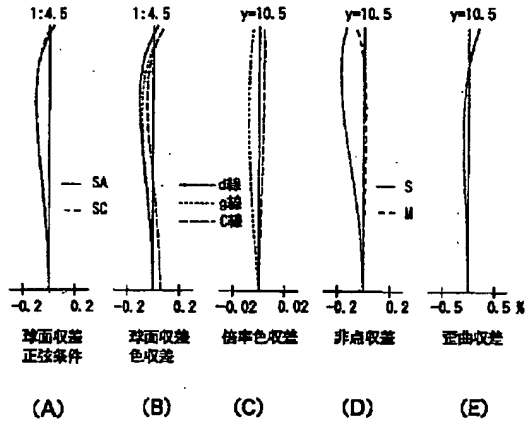
【図9】



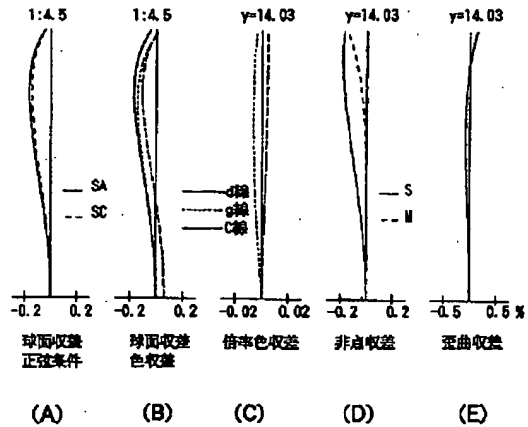
【図6】



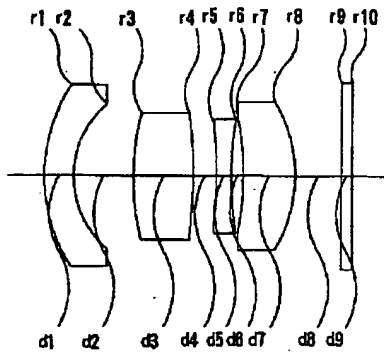
【図8】



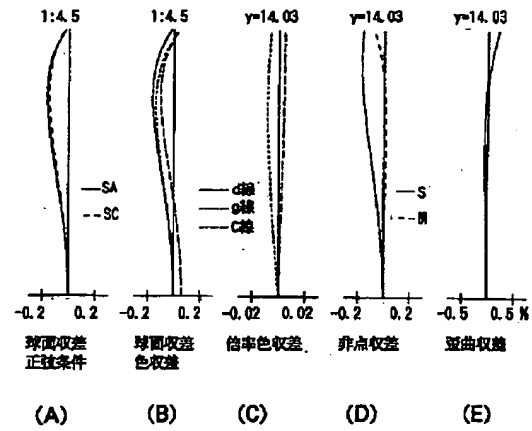
【図10】



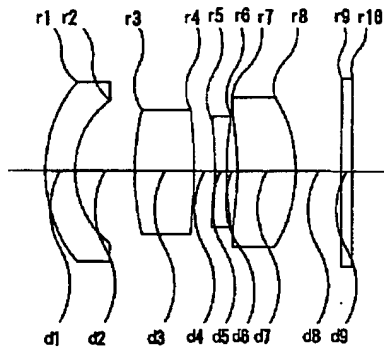
【図11】



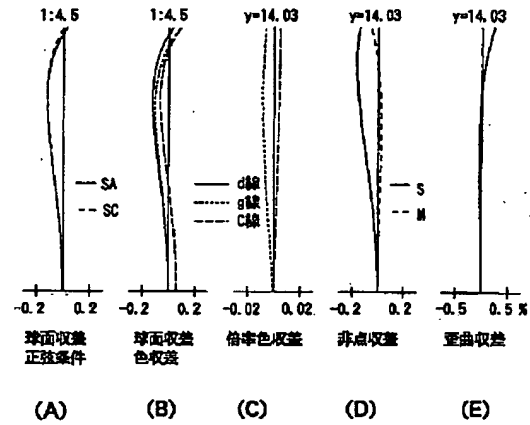
【図12】



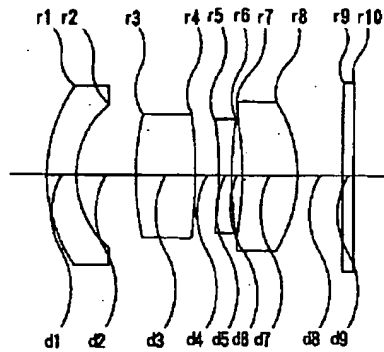
【図13】



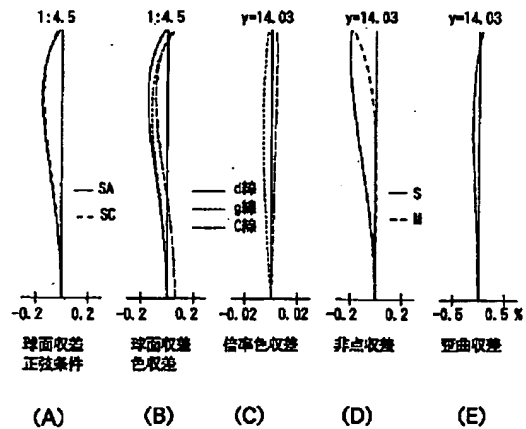
【図14】



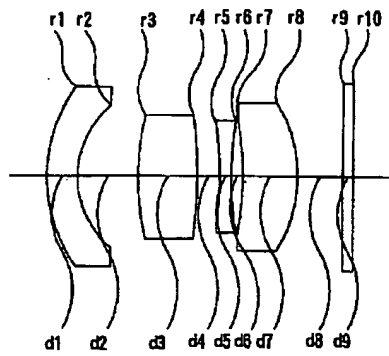
【図15】



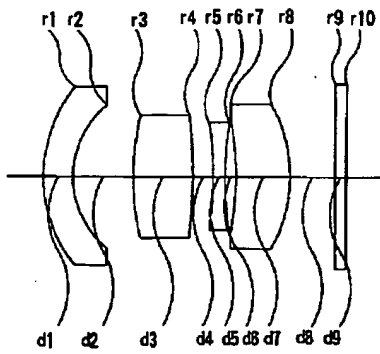
【図16】



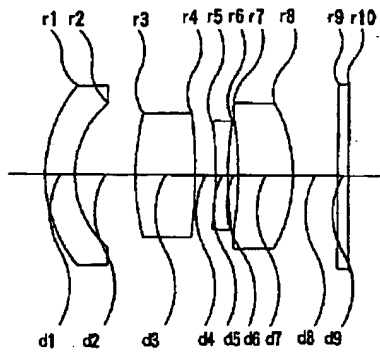
【図17】



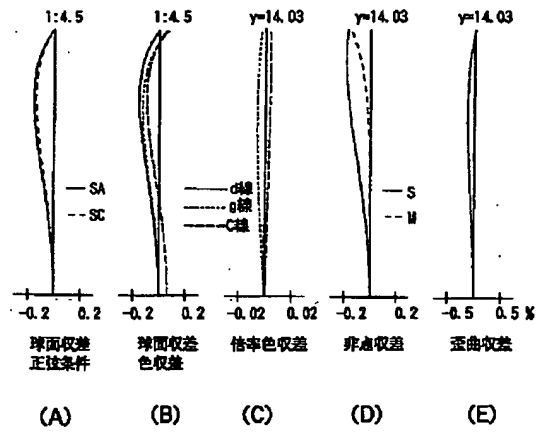
【図19】



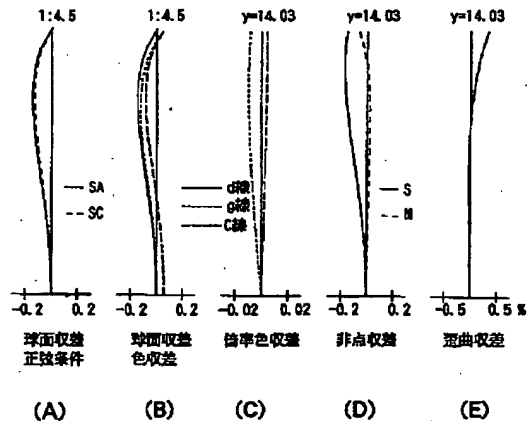
【図21】



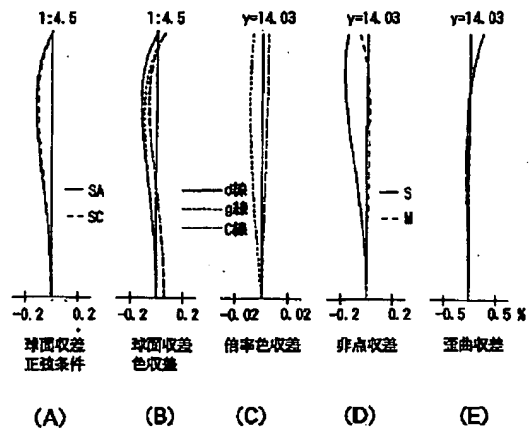
【図18】



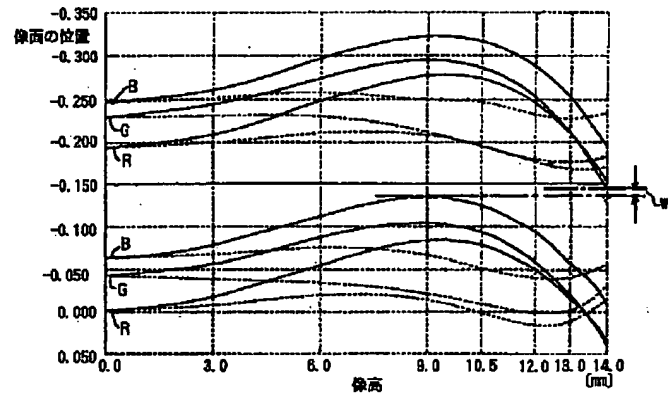
【図20】



【図22】



【図23】



【図24】

